

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-53547

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00

G 0 1 B 11/00

G 0 6 T 1/00

G 0 6 F 15/70

G 0 1 B 11/00

G 0 6 F 15/62

4 6 0 A

H

3 8 0

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-206722

(22)出願日 平成9年(1997) 7月31日

(71)出願人 000003687

東京電力株式会社

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 田村 尉

東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東

京電力株式会社内

(72)発明者 風間 久

大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号

株式会社東芝関西支社内

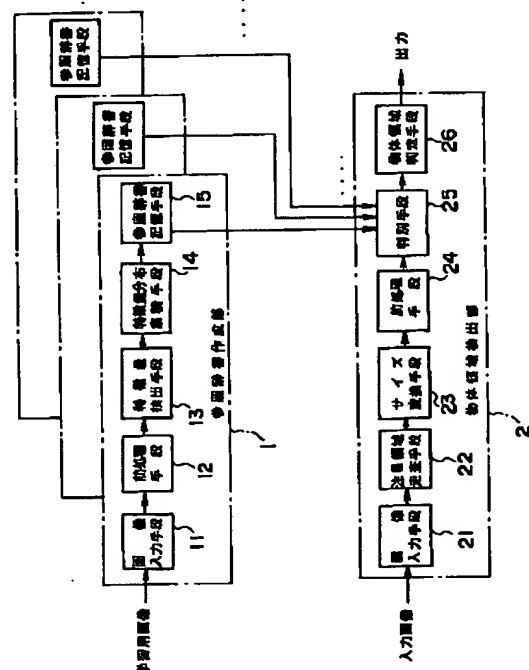
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】 認識対象物体の物体領域抽出装置および物体領域抽出方法

(57)【要約】

【課題】物体表面の模様または形状的特徴に乏しい認識対象物体が屋外環境のような照明環境の変化が大きな環境下にある場合に、画像中からその認識対象物体の存在領域を抽出できるようにすること。

【解決手段】参照辞書作成部1は認識対象物体の画像データ(DT)から当該物体の各位置における画像特徴量を抽出する。そして様々な照明環境下で得た画像から画像特徴量を抽出することにより画像特徴量の分布を作成し、これを照合用辞書データ(DT)として保持する。物体領域検出部2は認識対象物体を含む処理対象画像を所定サイズに切り出し、この切り出した部分画像とDTを照合して当該領域が認識対象物体に属する確率を計算すると共に確率が高い領域を物体領域として処理対象画像から抽出する。分布の情報を利用することで照明環境の変化を含んだDTとし、処理対象画像から切り出した部分画像とDTとを照合して当該領域が認識対象物体に属する確率を計算し、確率が高い領域を物体領域として抽出する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】種々の照明環境下で撮像して得た認識対象物を含む各 2 次元画像のデータから前記認識対象物の領域をそれぞれ抽出し、この抽出した認識対象物の領域の画像データ値から画像特徴量を抽出して前記認識対象物の各位置に対する画像特徴量の分布を作成することにより得られたこれら画像特徴量の分布を前記物体の辞書データとして記憶した参照辞書手段と、認識対象物を含む処理対象の 2 次元画像のデータから照合領域画像を切り出す手段と、この切り出した照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施すとともに、前記記憶した認識対象物である確率を求める手段と、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として前記処理対象の 2 次元画像のデータから切り出す手段と、を具備することを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出装置。

【請求項 2】種々の照明環境下で撮影して得た認識対象物を含む各 2 次元画像のデータから前記認識対象物の領域を抽出し、抽出した認識対象物の領域の画像データ値から画像特徴量を抽出して前記認識対象物の各位置に対する画像特徴量の分布を作成して、この画像特徴量の分布を前記認識対象物の辞書データとして記憶し、認識対象物を含む処理対象の 2 次元画像を受けて、この画像のデータから照合領域画像を切り出し、この切り出した照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理して前記記憶した認識対象物である確率を求め、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を、前記処理対象の 2 次元画像から物体領域として切り出すことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出方法。

【請求項 3】請求項 1 記載の物体領域抽出装置において、参照辞書部は、軸を有する多角形柱状の認識対象物を撮影した 2 次元画像を取り込み、得られた画像データから物体の軸に平行なスリット形状の部分画像を抽出する手段と、前記スリット形状の部分画像の画像データ値から画像特徴量を抽出すると共に、種々の照明環境下で撮影した 2 次元画像に対して行うことにより、前記スリット形状の部分画像の各位置に対する画像特徴量の分布を作成する手段と、前記画像特徴量の分布を辞書データとして記憶する手段と、から構成されることを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出装置。

【請求項 4】軸を有する多角形柱状の認識対象物体を撮影した 2 次元画像を取り込み、得られた画像データから物体の軸に平行なスリット形状の部分画像を抽出し、前記スリット形状の部分画像の画像データ値から画像特徴量を抽出する処理を、種々の照明環境下で撮影した 2 次元画像に対して行うことにより、前記スリット形状の部

2

分画像の各位置に対する画像特徴量の分布を作成し、得られた画像特徴量の分布を辞書データとして記憶し、認識対象物を含む処理対象の 2 次元画像を受けて、この画像データから照合領域画像を切り出し、この切り出した照合領域画像を、前記辞書データにもとづいて照合処理を施すことにより、前記記憶した認識対象物であることの確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として前記処理対象の 2 次元画像から切り出すことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出方法。

【請求項 5】請求項 1 または請求項 3 いずれか記載の物体領域抽出装置において、画像データ値から抽出する画像特徴量は、画像輝度データ、または、注目画素と周囲画素との分散値、または、注目画素と周囲画素の主成分方向など画像データ値から計算される特徴量を少なくとも 2 種以上抽出し、画像特徴量の分布を作成し辞書データを記憶することを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出装置。

【請求項 6】請求項 2 並びに請求項 4 記載の物体領域抽出方法において、

画像データ値から抽出する画像特徴量は、少なくとも画像輝度データ、または、注目画素とその周囲画素との分散値、または、注目画素と周囲画素の主成分方向のうち、画像データ値から計算されるいずれかの特徴量を含む少なくとも 2 種以上抽出し、これより画像特徴量の分布を作成し、得た分布を辞書データとして記憶することを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出方法。

【請求項 7】請求項 2、請求項 4 または請求項 6 いずれか記載の物体領域抽出方法において、

照合領域画像と辞書データの照合は、生成された画像特徴量の分布を一つないし複数の正規分布と近似して、一つないし複数の対象物の分布に対して、参照データのマハラノビスの距離を算出し、前記距離がある値以下の場合に当該対象物に属すると判別するか、または、前記距離が最小となる対象物に属すると判別することにより行うことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出方法。

【請求項 8】請求項 2、請求項 4 または請求項 6 いずれか記載の物体領域抽出方法において、

照合領域画像と辞書データの照合は、生成された画像特徴量の分布中の参照データの発生頻度によって、当該参照データの発生確率を算出し、前記確率を用いて判別を行うことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出方法。

【請求項 9】請求項 1、請求項 3 または請求項 5 いずれか記載の物体領域抽出装置において、

照合領域画像と辞書データの照合処理は、生成された画像特徴量の分布を一つないし複数の正規分布と近似して、一つないし複数の対象物の分布に対して、参照データのマハラノビスの距離を算出し、前記距

10

20

30

40

50

離がある値以下の場合に当該対象物に属すると判別するか、または、前記距離が最小となる対象物に属すると判別することにより行うことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出装置。

【請求項 10】請求項 1、請求項 3 または請求項 5 いずれか記載の物体領域抽出装置において、照合領域画像と辞書データの照合処理は、生成された画像特徴量分布中の参照データの発生頻度より、当該参照データの発生確率を算出し、前記確率を用いて判別することにより行うことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出装置。

【請求項 11】種々の照明環境下で撮影して得た認識対象物を含む各 2 次元画像のデータから前記認識対象物の領域を抽出し、抽出した認識対象物の領域の画像データ値から、画像輝度データ、または、注目画素と周囲画素との分散値、または、注目画素と周囲画素の主成分方向のうち、画像データ値から計算される特徴量を少なくとも 2 種以上抽出して前記認識対象物の各位置に対する画像特徴量の分布を作成し、この画像特徴量の分布を前記認識対象物の辞書データとして記憶する手段と、前記認識対象物を含む処理対象の 2 次元画像を受けてこの画像のデータから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施し、前記記憶した認識対象物である確率を計算し、当該確率が高くなる領域を物体領域として前記処理対象の 2 次元画像から切り出す物体領域検出手段と、を具備することを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出装置。

【請求項 12】種々の照明環境下で撮影して得た認識対象物を含む各 2 次元画像のデータから前記認識対象物の領域を抽出し、抽出した認識対象物の領域の画像データ値から、画像輝度データ、または、注目画素と周囲画素との分散値、または、注目画素と周囲画素の主成分方向のうち、画像データ値から計算されるいずれかを含む特徴量を少なくとも 2 種以上抽出して、前記認識対象物の辞書データとして記憶し、前記認識対象物を含む処理対象の 2 次元画像を受けてこの画像のデータから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施し、前記記憶した認識対象物である確率を計算し、当該確率が高くなる領域を物体領域として前記処理対象の 2 次元画像から切り出すことを特徴とする認識対象物体の物体領域抽出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、任意の方向を向いた 3 次元物体の位置（領域）を 2 次元画像中から検出する物体領域抽出装置に関し、例えば、自律型の作業ロボットが自動的に対象となる物体を見つけ出し、それを掴み上げるなどの作業を行うことを可能にする認識対象物体の物体領域抽出装置及び物体領域抽出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ロボット技術の発展に伴い、産業分野のみならず、様々な分野でロボットが活躍するようになった。そして、近年では、高所など危険な環境下における設備の部品交換、保守などの作業を、ロボットに代行させる研究が活発に行われている。

【0003】ところで、このような危険な環境下における設備の部品交換、保守などの作業を行うためのロボット（危険環境下用の作業ロボット）は、ロボットの動作制御を人間の手による遠隔操作により行う方式が採られているが、人手を要し、かつ、操作に熟練を要する等の扱いの面で課題を抱えることから、当該作業ロボットに TV カメラを搭載し、自律的に対象物体を認識し、作業を行うことができるようにする自律型作業ロボットの実現が強く望まれている。

【0004】そして、自律型作業ロボットの実現のためには、ロボットに「視覚機能」を搭載することが不可欠である。つまり、ロボット自身が作業対象物体の位置や姿勢を自律的に認識できなければならない。

【0005】ロボット自身に、作業対象物体の位置と姿勢の認識を自律的に行わせるようにするためには、以下の第 1 及び第 2 の、2 つの処理段階が必要となる。すなわち、第 1 の処理段階は、対象の識別である。

【0006】これは、作業空間の中から、どこに位置と姿勢を測定すべき対象があるのかを認識する処理である。そして、第 2 の処理段階は、対象の位置と状態の計測であり、認識した物体の 3 次元的な位置と姿勢を計測する処理である。

【0007】作業空間は 3 次元空間であり、作業空間上での対象物の位置と姿勢は 3 次元的に把握する必要がある。そして、物体の 3 次元的な位置と姿勢の計測には、レーザレンジファインダを用いた方法やステレオ画像を用いた方法、対象物体のモデルを用いて単眼カメラで認識する方法などが研究されている。

【0008】一方、作業空間の中から測定対象を認識するためには、簡便性、安全性などの面からカメラにより作業空間を撮影し、画像処理によって測定対象を認識することが望ましい。すなわち、画像中から認識対象物体の存在領域を画像処理によって抽出する手段が必要になる。

【0009】この認識対象物体の存在領域を画像処理によって抽出するための手段としては、従来より、いくつかの手法が知られている。

【0010】例えば、まず顔画像として切り出す対象を事前に辞書画像として登録し、続いて画像中の各領域と辞書画像を照合して切り出しを行う手法である。この手法は、例えば、「特開平 8-83341 号公報：小池秀樹：物体領域抽出方法とその装置及び物体認識装置」、

「特開平 5-225344 号公報：赤松茂、他：物体の画像認識処理方法」にその詳細が示されている。

【0011】しかしながら、これらはいずれも、人物顔など、切り出す画像にいくらかの(特徴的な)模様が含まれている対象を、比較的単調な背景から切り出すことを想定している。

【0012】これに対して、高所など危険環境下の作業ロボットとして、例えば電柱上の配電構造物に対して作業するロボットを考えてみると、認識すべき作業対象は、電柱や、腕金、碍子、ケーブル、など模様としては極めて単調な物体である。また、背景も配電構造物や、ビルの壁など認識対象の配電構造物と同様に模様の乏しい物体が多い。

【0013】そして、屋外環境で想定される背景の物体は、実験室内の画像のように、決まった物体が撮影されるばかりではなく、様々な物体が撮影される可能性がある。つまり、複数の物体が複雑にかかわりあった背景であっても、あるいは単調な背景(例えば全面が青空の背景)であっても動作する必要がある。

【0014】一方、認識対象物体を人物顔に限らず一般的な剛体として想定した認識手法も提案されている。例えば、「特開平8-153198号:村瀬洋:画像切り出し認識装置」がある。これは、様々な方向から認識対象物体を撮影し固有ベクトルを算出し、固有ベクトルの存在領域を多様体に変換してモデルを記憶するが、ここでも想定している認識対象は形状のあるいは表面の模様が特徴的な(形状の特徴や表面の模様が乏しくない)物体である。

【0015】また、これらいずれの手法でも、模様の微妙な変化(顔の表情の変化)や、視線方向による物体の見え方の変化については想定されているが、照明環境の変化については考慮されていない。

【0016】物体の見え方は、カメラと物体の位置および姿勢の関係だけでなく、物体を照射する照明の強度や位置によっても様々な変化する。例えば、物体に対して照明の位置がカメラの右側にある場合物体の右側が明るく撮影され、物体に対して左側に照明がある場合は物体の左側が明るく撮影される。

【0017】また、照明の強度によっても物体の見え方は変化する。例えば、物体の形状に凹凸がある場合、その凹凸に起因する陰影(自己陰影)が物体の表面に現われるが、その陰影の濃さ(影の部分と明るい部分のコントラストの差)にも変化が現われる。

【0018】ところが、従来の画像処理を用いた物体認識手法では、これらの見え方の変化に対しては重視することはなかった。そして、従来手法では、このような変化に対して、平均画像を計算し、その平均画像と入力画像を照合し、認識を行うこととなる。

【0019】これは、従来手法が想定する画像撮影環境は実験室内の環境であることに起因する。すなわち、従来手法で想定する画像撮影環境は室内環境であり、従って、屋外環境のように、照明変化による物体の見え方の

変化はそれほど問題にならず、物体の見え方自体に差が生じないために平均画像で十分な識別能力が発揮できた。

【0020】また、従来手法を屋外環境に適用した場合も、物体にそれなりの特徴的な模様があったり、形状的な特徴がある場合には、その模様や形状的な特徴を注目することにより物体認識が可能な場合があったと考えられる。

【0021】しかし、前記配電構造物の作業ロボットでは、物体認識は屋外環境で行わなければならない。屋外環境では照明の光源が太陽であるため、その光の強度は室内と桁違いに大きい。したがって自己陰影などによる見え方の変化は無視できない要素である。

【0022】特に、表面の模様や形状的な特徴に乏しい物体は、表面の明るさの分布だけ用いて物体と背景の識別をしなければならない。光の変化に対する様々な見え方のバリエーションを平均画像という一つの画像サンプルで代表させてしまえば、十分な識別能力をもつ物体領域抽出装置を構成することができない。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】自律型作業ロボットの実現のためには、ロボットに「視覚機能」を搭載することが不可欠であり、そのためには画像処理を用いた物体領域抽出の技術が必要である。従来の物体抽出技術としては、種々のものが知られているが、いずれも屋内環境で捉えた対象物の切り出しを想定した手法である。

【0024】しかし、自律型の作業ロボットは、屋外環境で使用するためのものであり、屋外環境では室内環境と違って、画像処理上における技術的な課題が多い。その一つは、物体の見え方の変化である。

【0025】物体の見え方は、カメラと物体の位置および姿勢の関係だけでなく、物体を照射する照明の強度や位置によっても様々な変化する。例えば、物体に対して照明の位置がカメラの右側にある場合物体の右側が明るく撮影され、物体に対して左側に照明がある場合は物体の左側が明るく撮影される。

【0026】また、照明の強度によっても物体の見え方は変化する。例えば、物体の形状に凹凸がある場合、その凹凸に起因する陰影(自己陰影)が物体の表面に現われるが、その陰影の濃さ(影の部分と明るい部分のコントラストの差)にも変化が現われる。

【0027】ところが、従来の画像処理を用いた物体認識手法では、これらの見え方の変化に対しては重視することはなく、このような変化に対して、平均画像を計算し、その平均画像と入力画像を照合し、認識を行うようにしていた。

【0028】これは、従来手法が想定する画像撮影環境は、室内環境であり、従って、屋外環境のように、照明変化による物体の見え方の変化はそれほど問題になら

ず、物体の見え方自体に差が生じないためであった。

【0029】もちろん、従来手法を屋外環境に適用した場合も、物体にそれなりの特徴的な模様があったり、形状的な特徴がある場合には、その模様や形状的な特徴を注目することにより物体認識が可能な場合がある。

【0030】しかし、本発明が対象とする前記配電構造物の作業ロボットでは、認識対象が配電構造物であり、この配電構造物は表面の模様や形状的な特徴に乏しい。そして、物体認識は屋外環境で行わなければならない。屋外環境では照明の光源が太陽であるため、その光の強度は室内と桁違いに大きい。従って、自己陰影などによる見え方の変化は無視できない要素である。

【0031】このような表面の模様や物体の形状の変化の乏しい対象物の場合、表面の明るさの分布だけ用いて物体と背景の識別をしなければならないが、光の変化に対する様々な見え方のバリエーションを平均画像という一つの画像サンプルで代表させてしまえば、十分な識別能力を持つ物体領域抽出装置を構成することができない。

【0032】そこで、この発明の目的とするところは、物体表面の模様または形状的な特徴が乏しい物体に対して、特に屋外環境のように照明条件が変化するために見え方が変化するような環境において、画像中からその存在領域を抽出することができるようにした認識対象物体の物体領域抽出装置および物体領域抽出方法を提供することにある。

【0033】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、認識対象物体を切り出した画像に対して各位置の輝度情報だけでなく周囲画素との分散値を特徴量として抽出することで、物体表面の特徴量を多次元ベクトル化し、さらに、様々な照明環境下で認識対象物体を撮影し、照明変化による各位置の特徴量の変化のし易さを、特徴量輝度ヒストグラムとして記憶し、この多次元ヒストグラムの統計量を利用することで、注目する領域が対象物体と背景のどちらに属するかを判別することにより、入力画像から認識対象物体の存在領域を抽出する。

【0034】具体的には、物体を撮影した2次元画像を取り込み、得られた画像データから物体の領域を抽出し、抽出した物体の領域の画像データ値から画像特徴量を抽出することを、様々な照明環境で撮影した2次元画像に対して行うことで、前記物体の各位置に対する画像特徴量の分布を作成し、前記画像特徴量の分布を前記物体の辞書データとして記憶する参照辞書作成部と、複数の物体が含まれる2次元画像を取り込み得られた画像データから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施して記憶した物体である確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として切り出す物体領域抽出部とを具備して構成したものであり、物体を撮影し

た2次元画像を取り込み、得られた画像データから物体の領域を抽出し、抽出した物体の領域の画像データ値から画像特徴量を抽出することを、様々な照明環境で撮影した2次元画像に対して行うことで、前記物体の各位置に対する画像特徴量の分布を作成し、前記画像特徴量の分布を前記物体の辞書データとして記憶する事により、モデル情報を用意し、物体領域検出対象を含む処理対象の画像を処理するに当たっては、当該処理対象の2次元画像を取り込んで得られた画像データから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施して、辞書に記憶した物体であることの確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として切り出すようにしたものである。

【0035】表面の模様や物体の形状の変化の乏しい対象物の場合、画像中からその対象物を認識するには、画像における表面の明るさの分布だけを手掛かりに物体と背景の識別をしなければならないが、屋外の設置物である場合に、光の変化に対する影響が大きく、事実上、困難であった。しかし、この発明によれば、光の変化に対する対象物の様々な画像を実際に取得し、辞書登録して、物体領域検出対象を含む処理対象の画像を処理するに当たっては、当該処理対象の2次元画像を取り込んで得られた画像データから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施し、辞書に記憶した物体であることの確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として切り出すようにしたから、物体表面の模様または形状的な特徴が乏しい物体に対して、特に屋外環境のように照明条件が変化するために見え方が変化するような環境においても、画像中からその存在領域を抽出することができるようになる。従って、配電構造物などを対象とする自律作業ロボットにおいても、対象構造物の位置や姿勢を認識できる視覚システムを実現することが可能になる。

【0036】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。物体表面の模様または形状的特徴に乏しい認識対象物体が屋外環境のような照明環境の変化が大きな環境下にある場合に、その認識対象物体を捉えた画像中からその認識対象物体の存在領域を抽出できるようにするため、本発明は次のようにする。すなわち、認識対象物体を撮影した画像データから物体の各位置における画像特徴量を抽出する。様々な照明環境で撮影した画像から画像特徴量を抽出することにより画像特徴量の分布を作成し、これを照合用辞書データとする。分布の情報を利用することで照明環境の変化を含んだ照合辞書データとなる。このようにして照合辞書データを用意し、この辞書データを用いて処理対象画像から認識対象物体の画像の領域を抽出する。この抽出は、まずはじ

めに処理対象の画像について、スリット状に画像を切り出し、この切り出した部分画像と照合用辞書データを照合して、当該領域が認識対象物体に属する確率を計算する。確率が高い領域を物体領域として、この部分を処理対象画像から抽出する。

【0037】詳細を説明する。

(具体例1) 図1は本発明の一例としての物体領域抽出装置の構成を示すブロック図である。同図に示す物体領域抽出装置は、参照辞書作成部1と物体領域検出部2から構成される。

【0038】参照辞書作成部1は、認識対象物体を様々な環境で撮影した2次元画像から物体領域の認識に必要な辞書データを作成する装置であり、複数用意される。そして、各参照辞書作成部1は、画像入力手段1

1、前処理手段12、特徴量抽出手段13、特徴量分布集積手段14、参照辞書記憶手段15で構成される。

【0039】これらのうち、画像入力手段11は画像情報を取り込むためのものであって、撮像装置としてのTVカメラ（ビデオカメラ）とA/Dコンバータから構成されるものであり、TVカメラにより対象物を含む2次元画像を撮影し、これをデジタル化して前処理手段12に送信するものである。

【0040】本発明装置では、太陽光を照明光とする環境下における認識対象物体の画像認識に適応するために、学習画像を用いる。そして、この学習用画像には、認識対象物体を様々な環境で撮影した多数の画像を当てる。なお、ここでの様々な環境とは、物体とカメラの位置関係の変化だけでなく、物体に対する照明条件（照明方向やその強度）の変化に対しても含めたバリエーションを指す。従って、“物体とカメラの位置関係の変化”に加え、“物体に対する照明条件（照明方向やその強度）の変化”に対しても多数の環境を設定する。

【0041】上記“照明条件”を様々な変化させるためには、認識対象物を、その中心が物体中心になるように設置し、この認識対象物の周囲の様々な位置にそれぞれ照明装置を設置し、そのうちの一つ照明装置を選択して照明してそのときの画像を撮像するといった具合に、照明光の位置を変えて照明し、撮影を行う、といったことで実現可能である。

【0042】このような様々な“変化要素”を様々な変化させた種々の“照明条件”を用意する。また、屋外環境で照明条件の異なる画像を得るためには、太陽光が直接照射される位置に物体を設置し、物体を撮影する位置にカメラを設置し、この位置関係を固定したまま、日の出から日没まで一定時間間隔で物体を撮影する方法も採用し得る。この場合は、天気の影響も同様により撮影が行えば、直射光と散乱光の割合の異なる状況で撮影が可能である。

【0043】本発明方法を適用する場合は、このような学習用画像として設定する環境は、実際に認識（物体領

域の抽出）を行う環境に似せて撮影する方がよい。以上のような方法を用いて、認識が必要となる位置関係や照明環境に対する様々な学習用画像を撮影する。

【0044】前処理手段12は画像入力手段11を介して得られた画像に対して、前処理を施すものであって、窓関数などを用いて画像から物体の特徴を抽出する領域を切り出す処理と、切り出したデータの大きさを正規化する処理の2つを実行するものである。切り出して正規化された画像を以後の説明では「部分画像」と呼ぶことにする。物体を切り出す方法としては、物体の形状に合わせた形（輪郭）でその内側を切り出す方式の他、円形状の重み関数を物体の注目点を中心に設定して切り出す方式や、対象物体の形状に合わせてスリット状の部分画像を短冊状に連続して切り出す方式などがある。

【0045】特徴量抽出手段13は、前記前処理手段12によって切り出された部分画像から特徴ベクトルを抽出するものである。また、特徴量分布集積手段14は、前記特徴量抽出手段13の抽出した特徴ベクトルを分布として集積する処理を行うものであって、物体の各位置で特徴ベクトルの分布（ヒストグラム）を作成し、統計的な特徴量（平均値、中央値、標準偏差、ヒストグラムの分布形状による分類など）を算出したり、判定したりするものである。すなわち、特徴量分布集積手段14は、特徴量抽出手段13が抽出した特徴ベクトルを集積し、統計的な特徴量として、平均値ベクトルと分散共分散行列を作成すると共に、算出し作成されたデータを参照辞書記憶手段15に辞書データとして送信する機能を有する。

【0046】参照辞書記憶手段15は、特徴量分布集積手段14の求めた辞書データを記憶するためのものであって、例えば、前処理手段12が切り出す画像の形状が矩形的場合、この認識対象物のための辞書データは、例えば図2に示したような情報として記憶される。

【0047】以上が、画像中の注目すべき物体の領域を抽出する元となる学習画像の辞書情報を作成する参照辞書作成部1の構成である。次に、この辞書を用いて実際の画像から注目すべき認識対象物の領域（画像中の当該認識対象物の領域）を検出する物体領域検出部2の構成を説明する。

【0048】物体領域検出部2は、画像入力手段21、注目領域走査手段22、サイズ変換手段23、前処理手段24、判別手段25、物体領域判定手段26からなる。これらのうち、画像入力手段21はTVカメラ（ビデオカメラ）とA/Dコンバータから構成されるものであり、認識対象物体の映った2次元画像を物体領域抽出のための入力データとして取り込むものである。

【0049】また、注目領域走査手段22は、画像を走査して判別処理のための部分画像のデータをサイズ変換手段23に送るものである。サイズ変換手段23は、部分画像のサイズを変換するものである。そして、このサ

イズ変換手段 23 は、例えば参照辞書作成のために使用した画像中での対象物の画像中の大きさと、抽出を行う目的で入力した画像中での対象物の画像中の大きさが異なる場合に使用されるものである。

【0050】前処理手段 24 は、参照辞書作成のために用いた前処理手段 12 と同様の動作により、画像から物体の特徴を抽出する領域を切り出す処理と、切り出したデータの大きさを正規化する処理の 2 つを実行するものであって、サイズ変換手段 23 を介して与えられる注目領域操作手段 22 の出力に対して当該処理を行い、判別手段 25 に与えるものである。

【0051】また、判別手段 25 は、この前処理された画像を、参照辞書記憶手段 15 の参照辞書を参照して該当するものであるか否か判断するものであって、入力画像から切り出した部分画像が、参照辞書に登録されたどのカテゴリーに属するものであるかを判別する手段であり、本発明システムにおける最も重要な要素である。

【0052】物体領域判定手段 26 は判別手段 25 の判定した結果をデータとして記憶すると共に、これら記憶したデータを比較して、最大評価値を得た部分領域をもって物体領域を切り出す処理を行うものである。

【0053】次に、上記構成の本システムの作用を説明する。本システムにおいては、参照辞書が用意されていることが前提となるので、この辞書がない場合には、まずはじめに、参照辞書作成部 1 による参照辞書作成を行う必要がある。

【0054】参照辞書作成部 1 は、認識対象物体を様々な環境で撮影した 2 次元画像から物体領域の認識に必要な辞書データを作成する装置であり、複数用意される。各参照辞書作成部 1 は、画像入力手段 11、前処理手段 12、特徴量抽出手段 13、特徴量分布集積手段 14、参照辞書記憶手段 15 で構成されており、画像入力手段 11 により、もとなる画像情報を取り込む。

【0055】画像入力手段 11 は、撮像装置としての TV カメラと A/D コンバータから構成されるものであり、TV カメラにより対象物を含む 2 次元画像を撮影し、これをディジタル化して前処理手段 12 に送信する。

【0056】本発明装置では、太陽光を照明光とする環境下における認識対象物体の画像認識に適応するために、学習画像を用いる。そして、この学習用画像を取得するために、参照作成辞書部 1 において、次のようにして様々な画像とそのデータを取得する。

【0057】すなわち、この学習用画像には認識対象物体を様々な環境で撮影した多数の画像を当てる。なお、ここでいう様々な環境とは、物体とカメラの位置関係の変化だけでなく、物体に対する照明条件（照明方向やその強度）の変化に対しても含めたバリエーションを指す。従って、“物体とカメラの位置関係の変化”に加え、“物体に対する照明条件（照明方向やその強度）の

変化”に対しても多数の環境を設定する。

【0058】そして、上記“照明条件”を様々なに変化させるためには、認識対象物を、その中心が物体中心になるように設置し、この認識対象物の周囲の様々な位置にそれぞれ照明装置を設置し、そのうちの一つ照明装置を選択して照明してそのときの画像を撮像するといった場合に、照明光の位置を変えて照明し、撮影を行う、といったことで実現可能である。

【0059】具体的には、例えば、半球状のカゴを考えた場合、この半球状の対象物の物体の照明は直接照明光の他にも環境光（部屋の灯りなど空間全体を照らす照明）があり、環境光に対する照明装置の強度比も変化させて撮影する。また、照明装置と物体の距離によっても照明条件は変化する。

【0060】このような様々な“変化要素”を様々なに変化させた種々の“照明条件”を用意する。また、屋外環境で照明条件の異なる画像を得るためには、太陽光が直接照射される位置に物体を設置し、物体を撮影する位置にカメラを設置し、この位置関係を固定したまま、日の出から日没まで一定時間間隔で物体を撮影する方法も採用し得る。この場合は、天気の日も同様に撮影を行えば、直射光と散乱光の割合の異なる状況で撮影が可能である。

【0061】本発明方法を適用する場合は、このような学習用画像として設定する環境は、実際に認識（物体領域の抽出）を行う環境に似せて撮影する方が良い。例えば、電柱上に取り付けられる碍子を認識対象とする場とを考えると、碍子は立てて取り付けられるため、太陽によって下から照射されることはない。つまり、物体が屋外に存在する場合には、太陽の直射光が当たる方向が限定されるので、その方向に関してデータを撮影すれば十分である。

【0062】以上のような方法を用いて、認識が必要となる位置関係や照明環境に対する様々な学習用画像を撮影する。前処理手段 12 は、窓関数などを用いて画像から物体の特徴を抽出する領域を切り出す処理と、切り出したデータの大きさを正規化する処理の 2 つを実行する。

【0063】物体を切り出す方法としては、物体の形状に合わせた形（輪郭）でその内側を切り出す方式の他、円形状の重み関数を物体の注目点を中心に設定して切り出す方式や、対象物体の形状に合わせてスリット状の部分画像を短冊状に連続して切り出す方式（詳細は具体例 2 で説明する）などがある。

【0064】具体例 1 では物体の形状に合わせた形を切り出す方式に基づいて説明する。具体例 1 では、物体の見え方の変化としては光線条件の変化による変化に注目した領域抽出装置を説明する。このため、カメラに対する認識対象物体の位置と姿勢の関係は固定して撮影したものとして以後の説明を行う。つまり、形状的な見え方

の変化は無いものとして考える。

【0065】後で説明するように、参照辞書作成部1は一つ以上複数作成されるが、参照辞書作成部1が複数ある場合は、それぞれの参照辞書作成部1が切り出す「部分画像」の大きさ（TM素数）が等しくなるように正規化を行う。ここで、「部分画像」とは前処理手段12が切り出して正規化処理した画像である。

【0066】特徴量抽出手段13は、前記前処理手段12によって切り出された部分画像から特徴ベクトルを抽出する。本実施例で抽出する部分画像の特徴量は、各画素の輝度だけでなく、複数個あるので特徴ベクトルとなる。特徴ベクトルの第1の要素は各画素の輝度である。物体表面の模様（テクスチャ）が乏しい物体の場合は、この特徴だけでは識別能力が不足するので抽出する特徴量を追加する。（なお、輝度情報だけで十分ならば使用する特徴量の数が1つ、即ち、特徴ベクトルが1次元ベクトルでも良く、以下の処理手順と構成は同様に適用できる。）第2の特徴量としては、例えば、当該画素とその近傍画素との輝度で計算した分散値を用いる。この分散値は当該画素位置における輝度の変化傾向を示す。例えば、表面の面の向きも材質も一定な部分では、この分散値は非常に小さな値となる。

【0067】一方、表面の向きや材質が変化する部分は分散値が大きくなる。つまり、物体の表面の輝度は種々の理由（表面の方向、材質、光の照射方向）により、異なる場所で同一の値になる場合があるため、輝度だけでは、どの部分に対応するか判別することは困難であるが、その部分の輝度の変化傾向が異なることを利用すれば判別が可能になることを利用するのである。

【0068】第2の特徴量としては、また、例えば、当該画素とその近傍画素（例えばハミング距離2画素以内などと決める）で、画素の輝度値の1次近似を行い、当てはまる面の方向を求め、その面の法線方向を用いることもできる。この特徴量は、当該画素からどの方向に向かって輝度が明るくなって行くかが表現されている。特徴量としては様々なものが考えられ、また、特徴ベクトルの要素数は2つに限るものではないので、識別能力が得られるまで、次元数を増やすようにして良い。このように、特徴量は多次元ベクトルとして抽出される。

【0069】特徴量分布集積手段14は、特徴ベクトルを分布として集積する処理を行うものである。特徴量抽出手段13で抽出された特徴ベクトルは、特徴量分布集積手段14により分布として集積される。

【0070】光線条件の異なる様々な環境で撮影した学習用画像から特徴ベクトルを抽出すると、同じ対象を同じ方向から撮影した場合でも光線条件に差があるために、同じ位置の特徴ベクトルを比較してもそれぞれ値が異なる。そこで、それぞれの画素位置ごとに、これらの特徴量のヒストグラムを作成する。

【0071】例えば、物体の形状的に入り組んでいる部

分は、どの照明方向に対しても影の領域になるので、その位置のヒストグラムは暗めのある値を中心とした狭い範囲に広がる分布になる。

【0072】一方、物体の上方の部分は、どの照明方向に対しても太陽の直射光を受けることになり、従って、その位置のヒストグラムは“明るめのある値”を中心とした分布になる。他方、物体の側面の部分は、太陽の向きにより、日向側日陰側の両方に属する可能性があるので、ヒストグラムの形状は横に広がる。

【0073】また、このヒストグラムの分布形状は、位置による違いだけでなく、物体表面の材質にも依存して決まる。例えば、表面が滑らかで反射率が高い部分ではヒストグラムの形状は横に広がるし、反射率が低い部分ではヒストグラムの広がり小さくなる。

【0074】このように、物体のそれぞれの位置のヒストグラムは、それぞれの位置の「光線状況の変化に対する物体表面の明るさの変化のし易さ」を表現するのである。特徴量分布集積手段14は、以上説明したように、物体の各位置で特徴ベクトルの分布（ヒストグラム）を作成し、統計的な特徴量（平均値、中央値、標準偏差、ヒストグラムの分布形状による分類など）を算出した

り、判定したりする。

【0075】分布を利用して入力データの属するカテゴリーを判別する方法として、ここでは、一例としてマハラノビスの距離（参考文献：柳井晴夫、高根芳雄、「多変量解析法」（1985））を用いた方法を説明する。なお、分布を利用した別の判別方法は具体例3で説明する。

【0076】マハラノビスの距離を用いるためには、特徴ベクトルの各要素の平均値と分散値の他に要素間の共分散が必要になる。このために特徴量分布集積手段14では、特徴量抽出手段13で抽出された特徴ベクトルを集積して統計的な特徴量として、平均値ベクトルと分散共分散行列を作成する。そして、算出し作成されたデータを参照辞書記憶手段15に辞書データとして送信する。

【0077】参照辞書記憶手段15ではこの送られてきた辞書データを記憶する。ここで、前処理手段12が切り出す画像の形状が矩形的の場合、この認識対象物のための辞書データは、例えば、図2に示すような情報として参照辞書記憶手段15に記憶される。

【0078】図2は、格子状に配列を記憶していることを示しており、“m1”，“m2”，…，“mn”はそれぞれ1番目、2番目、…、n番目の特徴量の平均値を示し、“a11”，“a12”，…，“amn”は分散共分散行列を示す。

【0079】前処理手段12で切り出す画像の形状が矩形でない場合は、切り出した画像を走査して1次元配列に変換し、配列の各要素で同様な辞書データを記憶すれば良い。

【0080】なお、マハラノビスの距離を用いて判別を行う場合には、認識対象物の参照辞書の他に「認識対象物以外の物体」の参照辞書を作成する必要がある。この「認識対象物以外の物体」の辞書は、学習用画像の中から対象物以外の領域（背景の領域）を「認識対象物以外の物体」として切り出し、同様な処理手順を持って辞書パターンを作成すれば良い。

【0081】「認識対象物以外の物体」の参照辞書作成に用いる辞書パターン作成のための手続きは、認識対象物体のための辞書パターン作成と同様に行う。前処理手段12が切り出す画像の大きさは、認識対象物体と等しくする。

【0082】背景を全て一律に扱って画像を切り出し、特徴ベクトルの分布を生成すると、特徴量の分布は、全ての位置に関して、一様に横に広がった分布になる可能性が高い。つまり、認識対象物体の分布のように、位置によって輝度の値の中心値が変化したり、分布の形状が特徴的になったりしない可能性が高い。

【0083】そのような分布であっても、本実施例の領域抽出装置は構成できるが、辞書の認識精度を向上させるためには、「認識対象物以外の物体」（背景の領域）の辞書を複数のカテゴリーとして記憶させる方法がある。

【0084】例えば、学習用画像を人間が分割して、「樹木の領域」、「金属質表面の物体の領域」、「ガラス材質の物体の領域」などと分離し、それぞれに対して辞書パターンを作成させる。

【0085】背景の領域の辞書パターンを複数のカテゴリーに分割すると、物体位置を検出する際に「ここは樹木の領域であるから、対象物の領域ではない」と明確に判別できるメリットがある。（なお、判別の方法は後で説明する。）

以上のように、参照辞書作成部1は認識対象物体だけでなく複数のカテゴリーのために辞書パターンを作成し、参照辞書記憶手段15に記憶する。（図1では参照辞書作成部1が複数あるようになっているが、動作と手続きは全く同じなので、装置を構成する上では、少なくとも参照辞書記憶手段15だけが分割して登録するカテゴリーの数だけあれば良い事は自明である。）

辞書作成の段階が終了すると、実際の物体領域抽出処理が可能になる。

【0086】物体の領域抽出処理は、屋外において、実際の認識対象物を含む画像を取得して、これを物体領域検出部2にて次のような処理を行うことで実現される。物体領域検出部2は、画像入力手段21、注目領域走査手段22、サイズ変換手段23、前処理手段24、判別手段25、物体領域判定手段26からなる。

【0087】そして、画像入力手段21は認識対象物体の映った2次元画像を物体領域抽出のための入力データ

として取り込む。すなわち、画像入力手段21はTVカメラとA/Dコンバータから構成されており、認識対象物体の映った2次元画像を物体領域抽出のための入力データとして注目領域走査手段22に渡す。

【0088】このデータを受けた注目領域走査手段22では、このデータの持つ2次元画像を走査して判別処理のための部分画像のデータを抽出し、サイズ変換手段23に送る。

【0089】サイズ変換手段23ではこの注目領域走査手段22から受けた“部分画像”のサイズを変換する。このサイズ変換手段23は、例えば参照辞書作成のために使用した画像中での対象物の画像中の大きさと、抽出を行う目的で入力した画像中での対象物の画像中の大きさが異なる場合に使用されるものである。例えば、参照辞書作成時の大きさに比べて入力画像の対象物の大きさが、“1.1倍”であった場合は、サイズ変換手段23によって入力画像のデータを、“10/11”に縮小処理して学習画像とサイズが合うようにするためのものである。

【0090】入力画像中での対象物の大きさが未知の場合は、縮小拡大の倍率を数段階用意して、全ての段階に対して以後の判別と抽出処理を行い、最高の判定値を得た結果を出力することにより、目的とする抽出が可能となる。

【0091】サイズ変換手段23での処理を経た“部分画像”のデータは前処理手段24に送られ、この前処理手段24では、参照辞書作成のために用いた参照辞書作成部1における前処理手段12での処理と同様の処理動作により、画像から物体の特徴を抽出する領域を切り出す処理と、切り出したデータの大きさを正規化する処理の2つを実行する。

【0092】そして、前処理手段24にて前処理されたデータは判別手段25に渡され、これを受けた判別手段25においては、部分画像が参照辞書に登録されたどのカテゴリーに属するかを判別する。

【0093】この判別手段25は、本発明の最も重要な部分であって、ここで入力画像から切り出した“部分画像”が参照辞書に登録されたどのカテゴリーに属するかを判別する。

【0094】説明のために前処理手段24で切り出され正規化された画像データを「検証データ」と呼ぶことにする。“検証データ”の判別のために、判別手段25は各カテゴリーの参照辞書データと検証データ間のマハラノビスの距離を計算する。マハラノビスの距離は式(1)で定義され、分布の広がりや考慮したカテゴリー代表値（通常は平均値）への距離である。

【0095】

【数1】

17

$$D^2 = [x_1 - \bar{x}_1, x_2 - \bar{x}_2] \begin{bmatrix} s_1^2 & s_{12} \\ s_{12} & s_2^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_1 - \bar{x}_1 \\ x_2 - \bar{x}_2 \end{bmatrix} \dots (1)$$

18

特に特徴ベクトルが 1 次元の場合は

【0096】

$$D = \frac{|x - \bar{x}|}{\sqrt{s^2}} \dots (2)$$

となる。n 次元の場合も同様に定義されている。

【0097】例えば、カテゴリーの分布が横に広がっている場合は、検証値がカテゴリー代表値（平均値）から離れていても、そのカテゴリーに属する可能性が高い。一方、カテゴリーの分布が代表値の近傍に狭くかたまっている場合は、代表値から少し離れただけでも、そのカテゴリーに属する可能性は低くなる。マハラノビスの距離はこのような概念を表現した距離である。

【0098】判定手段 25 は、検証データの一つの位置に対して、各辞書パターンの対応する位置とマハラノビスの距離を計算する。そして、判定手段 25 はこの計算の結果、最も小さい距離と計算されたカテゴリーを以て、その位置のデータが属するカテゴリーと判別する。

【0099】判定手段 25 は、この判別処理を検証データの全ての位置のデータに対して行う。なお、本具体例ではマハラノビスの距離を用いた判別方法を適用して説明したために、判別基準として計算されたのは「距離」であったが、後述する具体例 3 でも説明するように、参照辞書作成部 1 により特徴量の分布が作成されていれば、別の判別基準を用いることも可能である。

【0100】また、当該対象物の辞書パターンさえ作成されていれば、複数のカテゴリーの辞書パターンを利用する必要のない判別基準も導入できる。このように、判別基準の概念は一般に、当該位置の画素が認識対象物体に属する「確率」として捉えられる。

【0101】さて、判別手段 25 による判別処理の結果、検証データの領域の中で認識対象物体に属するカテゴリーと判別された回数が最も多かったカテゴリーを領域の属するカテゴリーと判別し、「検証データのデータ数」で「判別された回数」を割算することで、この領域の判別評価値とする。

【0102】判別手段 25 は「部分領域を切り出した位置」、「サイズ変換手段 23 で縮小拡大した比」と、

「判別評価値」とを物体領域判定手段 26 に渡し、物体領域判定手段 26 はこれらのデータを記憶する。

【0103】画像入力手段 21 により入力された画像全体について、注目領域走査手段 22 では入力画像全体を走査し、各部分画像を抽出するので、これらについて、上記の処理が施されることで、全ての部分画像に対して判別処理が行われることになる。

【0104】全ての“部分画像”に対しての判別処理結

【数 2】

10 果済みのデータが物体領域判定手段 26 に記憶されると、この物体領域判定手段 26 は記憶したデータ中の評価値を比較して、最大評価値を得た部分領域をもって物体領域を切り出す。

【0105】すなわち、物体領域判定手段 26 は、記憶したデータ中の評価値を比較して、最大評価値を得た“部分領域”がどれであるかを判定し、その最大評価値と判定した“部分領域”の画像を画像入力手段 21 の取り込んだ画像の中から切り出し、もって注目物体部分の画像を得る。

20 【0106】以上、モデルとなる画像（学習画像）として、様々な条件下での注目物体の屋外での画像を予め取得し、画像入力手段により入力された、屋外にある注目物体を含む任意の処理対象画像から、当該注目画像部分を抜き出すに当たっては、その画像について領域を細かく分けた部分画像にし、その各部分画像について学習画像と同じ画像である度合い（確率）を求め、評価して、その結果、学習画像と同じ画像である確率の高い部分画像を、抜き出して注目物体の領域の画像として得るようにしたものである。従って、太陽の照射条件が大きく変わ

30 り、取得される画像の状況が著しい変わる屋外の注目物体の画像についても、種々の条件下でのモデル画像を学習画像として用意することで、精度良く注目物体部分の画像を、抜き出すことができ、画像の中から注目物体の位置や姿勢などの情報を確実に取得できる技術が確立できるようになり、屋外で作業する自律作業ロボットの視覚を確保できるようになる。

【0107】次に本発明の別の例を説明する。

（具体例 2）第 2 の具体例では認識対象物体が中心軸を持つような形状の物体である場合の、物体領域抽出装置の構成について説明する。使用するシステムは図 1 の構成と同じで、参照辞書作成部 1 と物体領域検出部 2 から構成される。

40 【0108】参照辞書作成部 1 は、認識対象物体を様々な環境で撮影した 2 次元画像から物体領域の認識に必要な辞書データを作成する装置であり、複数用意される。そして、各参照辞書作成部 1 は、画像入力手段 11、前処理手段 12、特徴量抽出手段 13、特徴量分布集積手段 14、参照辞書記憶手段 15 で構成される。また、物体領域検出部 2 は、画像入力手段 21、注目領域走査手段 22、サイズ変換手段 23、前処理手段 24、

判別手段 2 5、物体領域判定手段 2 6 からなる。

【0109】画像入力手段 1 1 は画像情報を取り込むためのものであり、前処理手段 1 2 は画像入力手段 1 1 を介して得られた画像に対して、前処理を施すものであって、物体の軸方向に沿って図 4 の様に小さな縦型のスリット形状 SL_m を位置を変えながらそれぞれ切り出し、正規化する処理を行うものである。

【0110】また、特徴量抽出手段 1 3 は切り出された画像から特徴ベクトルを抽出する処理を行うものである。また、特徴量分布集積手段 1 4 は抽出された特徴ベクトルから特徴量の分布を生成するものである。すなわち、特徴量分布集積手段 1 4 は、特徴量抽出手段 1 3 が抽出した特徴ベクトルを集積し、統計的な特徴量として、平均値ベクトルと分散共分散行列を作成すると共に、算出し作成されたデータを参照辞書記憶手段 1 5 に辞書データとして送信する機能を有する。

【0111】参照辞書記憶手段 1 5 は、特徴量分布集積手段 1 4 の求めた辞書データを記憶するためのものであって、例えば、前処理手段 1 2 が切り出す画像の形状が矩形の場合、この認識対象物のための辞書データは、例えば図 2 に示したような情報として記憶される。

【0112】以上が、画像中の注目すべき物体の領域を抽出する元となる学習画像の辞書情報を作成する参照辞書作成部 1 の構成である。この辞書を用いて実際の画像から注目すべき認識対象物の領域（画像中の当該認識対象物の領域）を検出する物体領域検出部 2 の構成を説明する。

【0113】図 1 に示すように、物体領域検出部 2 は、画像入力手段 2 1、注目領域走査手段 2 2、サイズ変換手段 2 3、前処理手段 2 4、判別手段 2 5、物体領域判定手段 2 6 からなる。

【0114】これらのうち、画像入力手段 2 1 は TV カメラ（ビデオカメラ）と A/D コンバータから構成されるものであり、認識対象物体の映った 2 次元画像を物体領域抽出のための入力データとして取り込むものである。

【0115】また、注目領域走査手段 2 2 は、画像を走査して判別処理のための部分画像のデータをサイズ変換手段 2 3 に送るものである。サイズ変換手段 2 3 は、部分画像のサイズを変換するものである。そして、このサイズ変換手段 2 3 は、例えば参照辞書作成のために使用した画像中での対象物の画像中の大きさと、抽出を行う目的で入力した画像中での対象物の画像中の大きさが異なる場合に使用されるものである。

【0116】前処理手段 2 4 は、参照辞書作成のために用いた前処理手段 1 2 と同様の動作により、画像から物体の特徴を抽出する領域を切り出す処理と、切り出したデータの大きさを正規化する処理の 2 つを実行するものであって、サイズ変換手段 2 3 を介して与えられる注目領域操作手段 2 2 の出力に対して当該処理を行い、判別

手段 2 5 に与えるものである。

【0117】また、判別手段 2 5 は、この前処理された画像を、参照辞書記憶手段 1 5 の参照辞書を参照して該当するものであるか否か判断するものであって、入力画像から切り出した部分画像が、参照辞書に登録されたどのカテゴリーに属するものであるかを判別する手段であり、本発明システムにおける最も重要な要素である。

【0118】物体領域判定手段 2 6 は判別手段 2 5 の判定した結果をデータとして記憶すると共に、これら記憶したデータを比較して、最大評価値を得た部分領域をもって物体領域を切り出す処理を行うものである。

【0119】次に、上記構成の本システムの作用を説明する。この具体例では認識対象物体として“中心軸を持つような形状の物体”を対象とするが、この“中心軸を持つような形状の物体”とは、例えば、コンピュータによる画像処理を応用した本発明のシステムにおける物体領域検出処理のために、本システムに入力された画像データに含まれる図 3 のような物体の画像の抽出を想定している。図 3 に示したものは、電柱上の架空配電線を支える碍子の一種であり、この画像中では背景や影などを含んでいる。

【0120】この碍子のように、形状として軸を持ち、模様や形状が軸対象な（そして、本発明が想定するようにその形状や模様は比較的単純な）物体は、特に人工の構造物の中に多く存在する。例えば、建物の様々な支柱がそうであり、道路上にも電柱やポールなど様々なものが多数ある。また、本具体例で説明する方法では軸対称であれば円柱でなく、面で構成されていても良いので、四角い柱でも同様の構成で認識できる。一般には多角柱の形状が認識可能である。また、軸対象ではないが、表面の形状や模様が一樣に連続している、塀や壁などでも同様に認識できる。

【0121】そしてこれらの物体は基本的な設置姿勢が決まっていることが特徴である。支柱、ポール、碍子、柱、壁、塀などは全て軸が地面に垂直になるように設置される。

【0122】本発明が想定するような自律型の作業ロボット、例えば、碍子を作業対象とする作業ロボットが、自動的に注目対象物を発見する状況を考えてみると、まず認識を行いたい対象はこのような地面に垂直な姿勢に固定された物体である。それは作業ロボットに作業をさせる対象が人造物であり、従って、それは構造物を支える部分であったり構造物の中心に位置するのであるから当然である。

【0123】このように、中心軸を持つような物体は、中心軸を地面に垂直になるように固定されており、特に重要な認識対象物体であることが多い。一方、自律型の作業ロボットの画像入力手段であるビデオカメラは、一般に水平レベルは保たれたまま、画角を設定される。カメラの画角設定におけるカメラ移動は、通常は“パ

ン”、“チルト”、“ズーム”と呼ばれる変化だけである。“ロール”とよばれる画角変化が画面の水平レベルを変化させるが、このカメラ移動は人間にとって非常に見にくくなるため、一般にはカメラのロールは使われることは少ない。技術的にもカメラの水平レベルを保ったまま画角変化させる装置を構成することは容易である。

【0124】このように、カメラの姿勢と物体の姿勢に拘束条件が存在するために、物体の参照辞書として前処理手段12が切り出す“部分画像”は図3のように、縦方向の小さなスリット形状（図3の中央の白抜き棒状部分）にする事ができる。このスリット形状は、縦に例えば100画素、横に1画素の1次元スリットである。

（図では説明のために横幅を誇張して描いている。）
なお、本明細書の中で用いる「スリット形状」とは、縦か横のどちらかの幅が1画素の矩形を意味する。

【0125】スリット形状のパターンSL_mを横に並べて当てはめれば、図4の様に全体のパターンと当てはめる事が出来る。また、隣り合ったスリットの上下位置をずらすことで物体のチルト角（奥行き方向の回転）が異なる物体の姿勢に対しても同じパターンを当てはめれば良いことになる。

$$S = \sigma^2 = \sum_{i=1}^n I_i^2$$

である。2乗和S0に正規化する場合

【0130】

【数4】

$$S_0 = \sigma_0^2 \quad \dots (4)$$

として、それぞれの画像輝度を

【0131】

【数5】

$$\frac{\sigma_0}{\sigma} I_1, \frac{\sigma_0}{\sigma} I_2, \dots, \frac{\sigma_0}{\sigma} I_n \quad \dots (5)$$

とすればよい。正規化方法には他にも輝度最大値の正規化や同じ区間の輝度値の正規化などいろいろ可能である。

【0132】前処理手段12により輝度の正規化を行う意味は、パターン面の向きによる明るさの変化を吸収することにある。図5の模式図を用いて説明する。図5では、（a）に示すように注目対象の物体はその右側から太陽光に照明されているために、物体の右側の面が明るく、左側の面が暗くなる。ここで図5（b）の様に、スリット状に部分画像の切り出しを行う。そして、切り出したスリット状の部分画像はそれぞれ2乗和を正規化して条件を整える（図5（c））。

【0133】表面材質が異なると照明に対する表面の明るさの変化の幅は異なり、また、物体の表面形状に凹凸があると照明光線の向きによらず影の領域に属することがあるため、2乗和の正規化を行ってもパターンとして

【0126】塀や壁の様に軸を持たない対象物の例でもスリットが斜めに連続して行けば、任意の角度からのパターンを生成できることは明らかである。切り出す部分画像の形状が決まったところで、全体の処理の流れを説明する。

【0127】最初に参照辞書作成部1により、モデルとなる画像情報に関しての辞書を確保する必要がある、まずはそのための処理を行う。画像入力手段11は様々な照明環境で物体を撮影し、前処理手段12に送信する。前処理手段12は物体の軸方向に沿って図4の様に小さな縦型のスリット形状SL_mを位置を変えながらそれぞれ切り出し、正規化する。

【0128】特徴量抽出手段13は切り出された画像から特徴ベクトルを抽出する。この際、特徴ベクトルを抽出する前に前処理として切り出された画像の輝度の正規化を行う。例えば、画像の輝度の2乗和を一定値に正規化する。例えばスリット状に切り出された画像の各画素の輝度を“I1”，“I2”，…，“In”とすると輝度の2乗和は

【0129】

【数3】

$$\dots (3)$$

違いが現われる場合がある。（本発明の目的はそのような変化に対しても対応可能な物体領域抽出装置を提供することである）

様々な撮影条件で撮影された画像から部分画像を切り出して特徴ベクトルを抽出し、特徴ベクトルの分布を作成することで、全体の明るさの変化のみならず、このような部分的な変化の幅の違いも含めて認識が可能となる。

【0134】前処理手段12が切り出しと輝度2乗和の正規化を行い、算出されたデータから特徴量抽出手段13が特徴量の抽出を行う。特徴量抽出手段13が抽出する第1の特徴量としては各画素の輝度を利用できる。

【0135】具体例2の場合、切り出された“部分画像”の形が1次元スリットであるため、第2番目以降の特徴量として利用できるものは、例えば、「注目画素の前後数画素の分散値」、「注目画素の前後数画素を1次関数近似したときの傾き」、「注目画素の前後数画素を主成分分析したときの第1主成分方向」、「前画素との差分」などがある。

【0136】特徴量の選び方や個数は、識別能力を試しながら適切なものに設定すれば良いのである。例えば、抽出する特徴量は2個とし、第1の特徴量を注目画素の輝度、第2の特徴量を注目画素の前後5画素を主成分分析した時の第1主成分方向、とする。

【0137】特徴量分布集積手段14は特徴量の分布を生成する。特徴量分布集積手段14の処理のイメージを図6に示す。今、カメラと物体の位置関係を固定し、撮

影環境（光線条件）の異なる多数のサンプル画像からスリットパターンを切り出し（図 6（a））、前処理手段 12 と特徴量抽出手段 13 の動作により、ある注目位置について特徴量が抽出される（図 6（b））。ある位置に着目すれば、その値は（同一の物体の同一位置であるから）、近い値が算出される。

【0138】しかし、この値も物体位置によって光の方向や強度に対する変化の敏感さが異なるので値がばらつく。この値を集積してヒストグラムを生成すると、ある値を中心とした正規分布になる（図 6（c））。

【0139】このようにして、分布が作成される。特徴量分布集積手段 14 は、特徴量抽出手段 13 が抽出した特徴ベクトルを集積し、統計的な特徴量として、平均値ベクトルと分散共分散行列を作成すると共に、算出し作成されたデータを参照辞書記憶手段 15 に辞書データとして送信する。

【0140】参照辞書記憶手段 15 は、特徴量分布集積手段 14 の求めた辞書データを記憶する。具体例 2 でも、具体例 1 と同様にマハラノビスの距離を用いた判別を行うので、物体領域検出部 2 では分布の平均値と分散共分散行列が利用できれば良い。そこで、特徴量分布集積手段 14 はこれらの値を算出し、参照辞書記憶手段 15 がこれを記憶する。

【0141】具体例 2 において辞書が生成される処理の模式図を図 7 に示す。すなわち、図 7（a）に示す如き注目対象物 G の画像があったとして、当該注目画像 G から予め設定したスリット状 S_{Lm} 領域相当分の“部分画像”の切り出しを行う。図 7（b）が切り出された“部分画像”である。そして、つぎにこれを正規化する（図 7（c））。これを、注目画像の各部について位置を変えながら行う。

【0142】参照辞書が作成されたならば、次に物体領域検出部 2 による実際の画像から注目物体の領域検出を行う。ただし、物体領域検出部 2 の動作は具体例 1 と概ね同様であるので、ここではその説明は省略する。なお、この具体例では特徴ベクトルが 2 次元になるため、マハラノビス距離の計算は 2 次元の計算方法を用いれば良い。

【0143】具体例 2 では辞書画像の形状を縦型スリットとしたため、画像中から物体の領域を出力する場合には反応させた縦型のスリットを複数集めて領域としなければならない。このため物体領域判定手段 26 では縦型スリットの判別評価値が予め決めた基準値以上の部分を抽出し、「予め決めた個数の反応が連続する」という条件を満たす領域を最終的な認識結果として出力する。

【0144】図 10 に具体例 2 における入力画像の模式図（図 10（a））と認識対象物体として碇子の領域を抽出した処理結果の模式図（図 10（b））を示す。この連続領域の抽出方法で、抽出する物体の姿勢の範囲を設定することが可能である。例えば、図 4（a）に示し

たように、円柱形状の奥行き方向の角度の姿勢変化がある場合には、図 4（b）に示すように、スリット形状のパターン S_{Lm} が横に並ぶことで、物体領域全体に高い判別評価値が検出されるが、深い角度に傾きがある場合は高い判別評価値を持つスリットの軌跡が上下に大きく移動することになる。

【0145】従って、スリットの連続性の判断ではこの軌跡の形状を利用することで、反応する対象物体の姿勢を制限できる。また、この軌跡の形状から対象物体の姿勢を認識することも可能である。

【0146】なお、このようにスリット形状の部分画像を切り出す方法は、縦型のスリットに限られるものではなく、カメラと物体の拘束関係に応じて横型のスリットや、幅が 1 画素の同心円状のスリットなど、様々な応用があり得る。

【0147】以上、認識対象物として例えば、碇子のように、中心軸を持つような物体を対象とする場合に、モデルとなる画像（学習画像）として、様々な条件下での上記注目物体の屋外での画像を予め取得し、画像入力手段により入力された、屋外にある注目物体を含む任意の処理対象画像から、当該注目画像部分を抜き出すに当たっては、その画像について領域を細かく分けた部分画像にし、その各部分画像について学習画像と同じ画像である度合い（確率）を求め、評価して、その結果学習画像と同じ画像である確率の高い部分画像を、抜き出して注目物体の領域の画像として得るようにしたものである。従って、太陽の照射条件が大きく変わり、取得される画像の状況が著しい変わる屋外の注目物体の画像についても、種々の条件かでのモデル画像を学習画像として用意することで、精度良く注目物体部分の画像を、抜き出すことができ、画像中から注目物体の位置や姿勢などの情報を確実に取得できる技術が確立できるようになり、屋外で作業する自律作業ロボットの視覚を確保できるようになる。

【0148】（具体例 3）第 3 の具体例では、特徴量分布集積手段 14 が生成した特徴量分布の形状が、具体例 1 や具体例 2 で説明したような正規分布の形状にならなかった場合の例について説明する。

【0149】具体例 1、具体例 2、では判別手段 25 における判別のためにマハラノビスの距離を利用したが、マハラノビスの距離を利用するには分布の形状が正規分布になることが前提となる。従って、特徴量分布が正規分布とならない場合、上述の 2 つの例如き判定処理を判別手段 25 で行わせても、その結果は利用できない。つまり具体例 1 や具体例 2 での処理を適用できないのである。

【0150】そこで、このような正規分布が得られない場合での判別手段 25 の処理方法を説明する。手法はいくつかあるが、第 1 の方法は、分布を“複数の正規分布の合成”であるとみなし、二つの分布から計算される平

均値と分散により、それぞれ参照データのマハラノビスの距離を算出し、近い方の値をその距離と判定する方法である。模式図を図 8 に示す。図 8 では、分布を、正規分布 A と正規分布 B の合成であるとみなし、それぞれの分布中央値への距離を示している。マハラノビスの距離を計算することも同様に可能である。

【0151】第二の方法は、作成した分布（ヒストグラム）を用い、参照値が当該値を示す確率をもって評価値とする方法である。これは図 9 に示す如きのもので、この図 9 では、特徴量のヒストグラムが図に示すような形状で得られたことを示している。ここで図 9 に示した参照値 R が入力された場合は、図中、符号 Qf を付して示す領域の面積が、参照辞書を作成する際にこの参照値が得られた出現頻度であることを示している。従って、この Qf 領域の面積を、ヒストグラムの面積で割れば、出現確率が得られる。この出現確率を、用意した全ての参照辞書に基づいて算出し、最も高い出現確率を得たカテゴリを以てこの参照データの属するカテゴリとする。判別評価値には出現確率を利用する。

【0152】このような方法をとることで、特徴量分布集積手段 1 4 で生成された特徴量分布の形状が正規分布に従わない場合も、本発明を応用することができる。また、出現確率を利用する方法では、参照辞書作成部 1 が辞書パターンを作成するカテゴリを当該認識対象物の 1 種だけにする方法も可能となる。

【0153】以上、特徴量分布集積手段 1 4 が生成した特徴量分布の形状が、正規分布とならなかった場合に、適用し得る判別手段 2 5 での判定処理の手法を説明した。注目対象の物体とカメラの位置、姿勢の変化に対応できるようにする技術を説明する。

【0154】（具体例 4）第 4 の具体例では、物体とカメラの位置と姿勢の関係が変化した場合について説明する。

【0155】具体例 2 で説明したように、前処理手段 1 2 が切り出す“部分画像”をスリット形状にした場合には、ある方向の物体の位置姿勢の変化に対しては、ほぼ同様な物体領域検出部 2 を用いることで対処できる。

【0156】そして、具体例 1 で説明したような 2 次元的な形状の“部分画像”を切り出す場合でも、位置や姿勢の変化に対応可能である。このことについて説明する。基本的には、まず参照辞書作成部 1 が様々な位置と姿勢に対して撮影した学習用画像から各位置及び姿勢に対して参照辞書を記憶する。

【0157】物体領域検出部 2 は“カテゴリ”、“位置姿勢”の 2 つの組合せで辞書を記憶している。まず、“カテゴリ”を固定し、つづいて“位置姿勢”を固定して、切り出された参照領域全体の判別評価値を算出する。

【0158】続いて次の位置姿勢に対して同様に、参照領域全体の判別評価値を算出する。記憶した全ての位置

姿勢に対して判別評価値が得られたならば、次にこれらのうちで最良のものを選択することで、このカテゴリに属すると仮定した場合の判別評価値と、位置姿勢が得られる。

【0159】全てのカテゴリに対して同様に処理を行い、結果として最良の「カテゴリと位置姿勢」を選択する。要するに、“2 つの変化要素”を“同時に変化させて判別評価値を比較してはいけない”ことに注意すれば良い。

10 【0160】2 つの組合せで辞書を記憶すると、記憶量と処理量が増加するので、この辞書データを圧縮し、効率良く計算する方法をとることがあり得る。隣り合ったデータの連続性を利用して、例えば関数、で表現することにより、データを圧縮する方法や、主成分分析（KL 展開、固有関数展開とも言う）でデータの構造を圧縮する方法も応用可能である。

20 【0161】このようにすることにより、具体例 1 で説明したような 2 次元的な形状の“部分画像”を切り出す場合でも、位置や姿勢の変化に対応可能である。以上、本発明は、物体を撮影した 2 次元画像を取り込み、得られた画像データから物体の領域を抽出し、抽出した物体の領域の画像データ値から画像特徴量を抽出することを、様々な照明環境で撮影した 2 次元画像に対して行うことで、前記物体の各位置に対する画像特徴量の分布を作成し、前記画像特徴量の分布を前記物体の辞書データとして記憶する参照辞書作成部と、複数の物体が含まれる 2 次元画像を取り込み得られた画像データから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施して記憶した物体である確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として切り出す物体領域検出部とを具備して構成したものであり、物体を撮影した 2 次元画像を取り込み、得られた画像データから物体の領域を抽出し、抽出した物体の領域の画像データ値から画像特徴量を抽出することを、様々な照明環境で撮影した 2 次元画像に対して行うことで、前記物体の各位置に対する画像特徴量の分布を作成し、前記画像特徴量の分布を前記物体の辞書データとして記憶する事により、モデル情報を用意し、物体領域検出対象を含む処理対象の画像を処理するに当たっては、当該処理対象の 2 次元画像を取り込んで得られた画像データから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施して、辞書に記憶した物体であることの確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として切り出すようにしたものである。

50 【0162】表面の模様や物体の形状の変化の乏しい対象物の場合、画像中からその対象物を認識するには、画像における表面の明るさの分布だけを手掛かりに物体と背景の識別をしなければならないが、屋外の設置物である場合に、光の変化に対する影響が大きく、事実上、困

難であった。しかし、この発明によれば、光の変化に対する対象物の様々な画像を実際に取得し、辞書登録して、物体領域検出対象を含む処理対象の画像を処理するに当たっては、当該処理対象の2次元画像を取り込んで得られた画像データから照合領域画像を切り出し、この照合領域画像を前記辞書データにもとづいて照合処理を施し、辞書に記憶した物体であることの確率を計算し、当該領域が認識対象物体に属する確率が高い領域を物体領域として切り出すようにしたから、物体表面の模様または形状的な特徴が乏しい物体に対して、特に屋外環境のように照明条件が変化するため見え方が変化するような環境においても、画像中からその存在領域を抽出することができるようになる。

【0163】従って、配電構造物などを対象とする自律作業ロボットにおいても、対象構造物の位置や姿勢を認識できる視覚システムを実現することが可能になる。なお、本発明は上述した例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲内で種々変形して実施し得る。

【0164】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば物体表面の模様または形状的な特徴が乏しい物体に対して、特に屋外環境のように照明条件が変化するため見え方が変化するような環境において、画像中からその存在領域を抽出することが可能となる。この結果、自律的に作業対象の存在位置を認識し作業を行うロボットを実現することが可能となり、多大なる実用的効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明するための図であって、本発明のシステム構成を示す図。

【図2】本発明を説明するための図であって、本発明システムにおいて用いる辞書パターンの説明をする模式図。

【図3】本発明を説明するための図であって、本発明シ

ステムにおいて用いる注目対象物体とスリット状パターンを説明するコンピュータ処理画像データ写真。

【図4】本発明を説明するための図であって、スリットパターンの集合で全体の形状を表現できることを説明するための図。

【図5】本発明を説明するための図であって、スリットパターンの正規化で方向による変化を吸収することができることを説明するための図。

【図6】本発明を説明するための図であって、スリットから分布を作成する方法を説明するための図。

【図7】本発明を説明するための図であって、スリット状の辞書パターンの説明をする模式図。

【図8】本発明を説明するための図であって、正規化分布しない場合に、2つの分布と見做して解析する本発明の手法を説明する図。

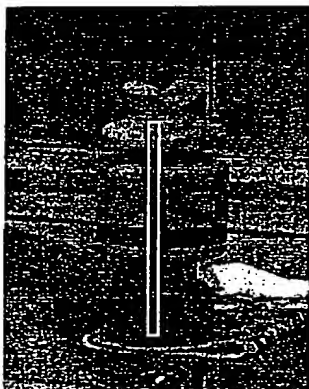
【図9】本発明を説明するための図であって、出現確率を以て評価値とする本発明の手法を説明するための図。

【図10】本発明を説明するための図であって、本発明の具体例2における入力画像と、認識対象物体として磚子の領域を抽出した処理結果の模式的に示す図。

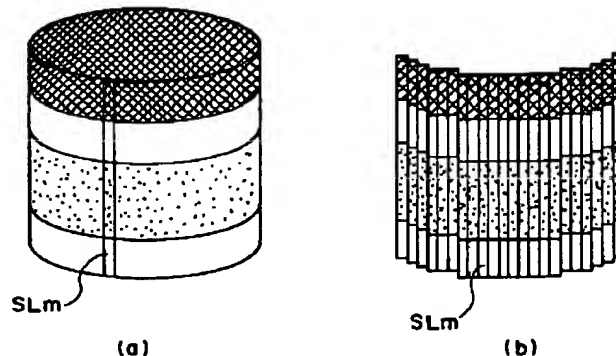
【符号の説明】

- 1…参照辞書作成部
- 2…物体領域検出部
- 11…画像入力手段
- 12…前処理手段
- 13…特徴量抽出手段
- 14…特徴量分布集積手段
- 15…参照辞書記憶手段
- 21…画像入力手段
- 22…注目領域走査手段
- 23…サイズ変換手段
- 24…前処理手段
- 25…判別手段
- 26…物体領域判定手段。

【図3】

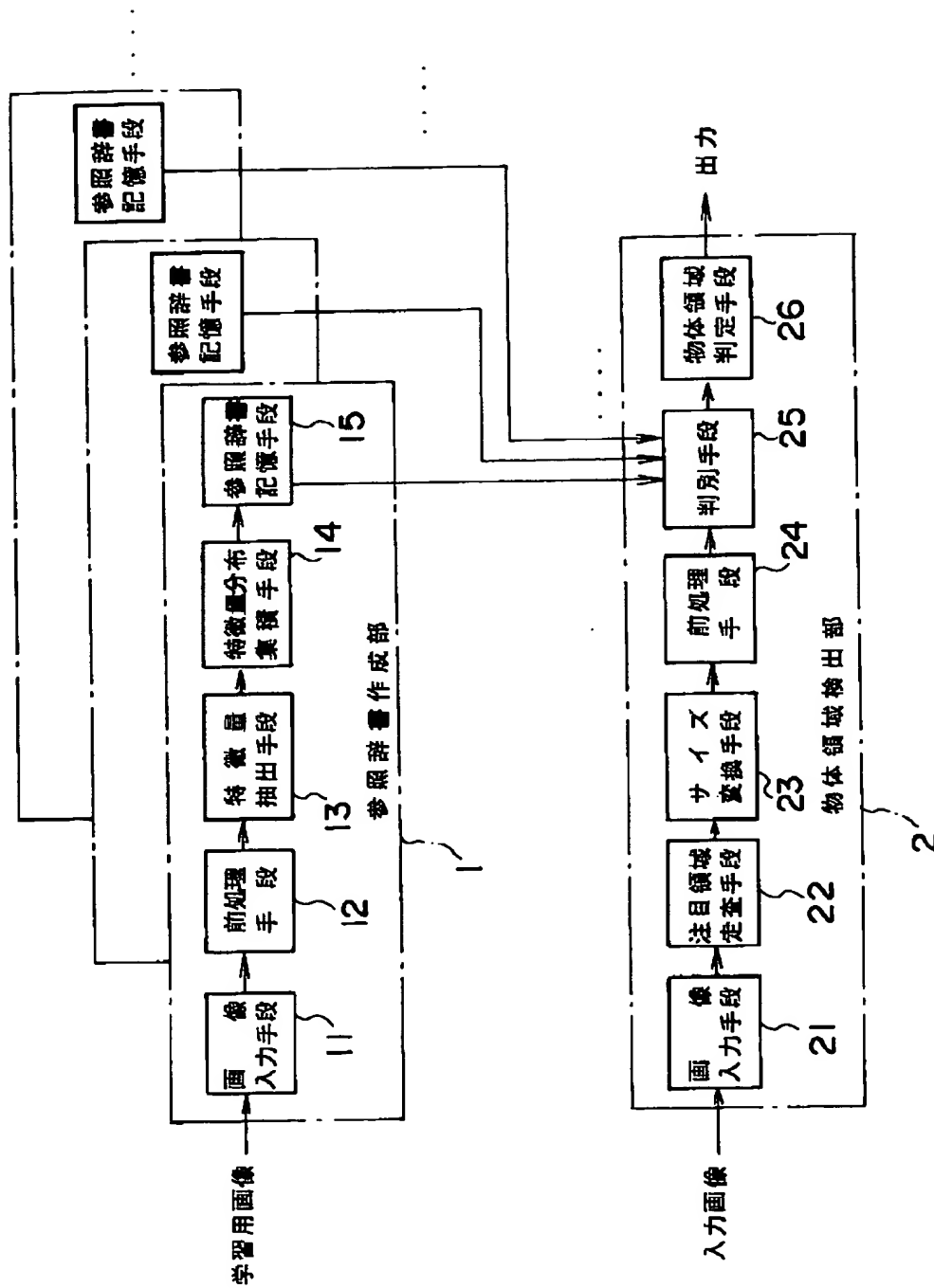


【図4】

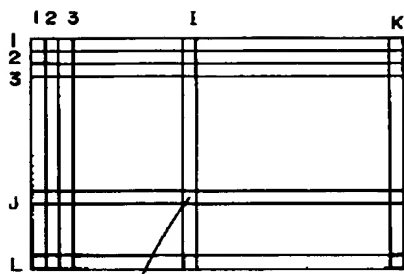


【スリットパターンの集合で全体の形状を表現できることの説明図】

【図1】



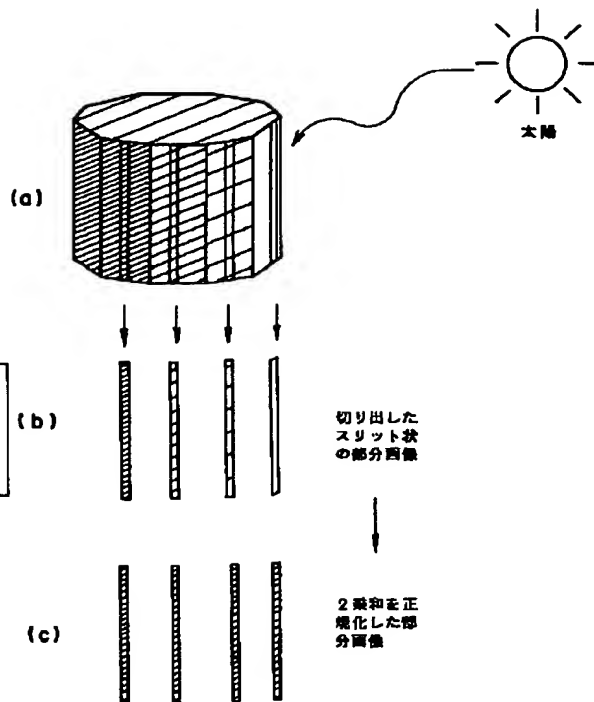
【図2】



$$\begin{bmatrix} m1 \\ m2 \\ \vdots \\ mn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a11 & a12 & \dots & a1n \\ a21 & a22 & & a2n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ an1 & & & ann \end{bmatrix} \quad (b)$$

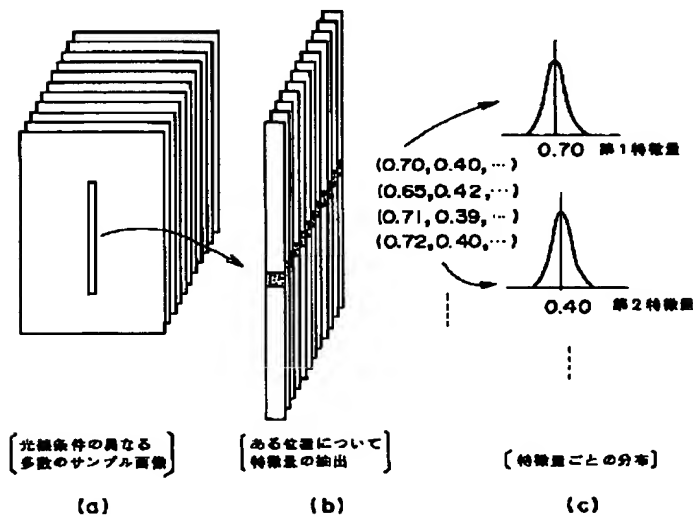
【辞書パターンの模式図】

【図5】



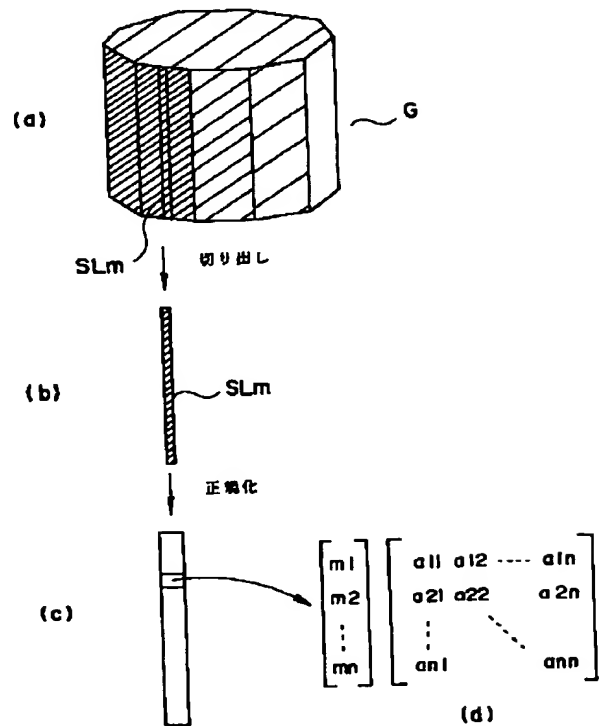
【スリットパターンの正規化で方向による変化を吸収することの説明図】

【図6】



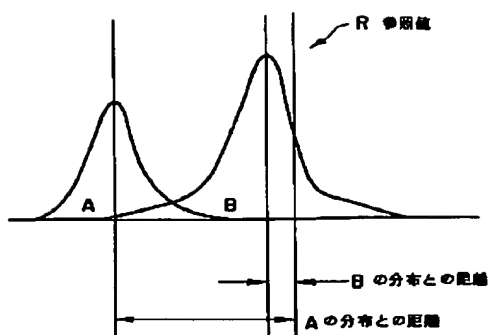
【スリットから分布を作成する方法を説明する図】

【図7】



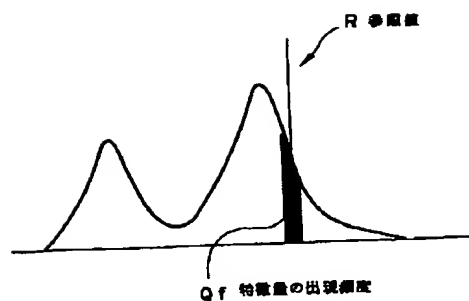
【スリット状の辞書パターンの模式図】

【図 8】



〔二つの分布とみなす方法の模式図〕

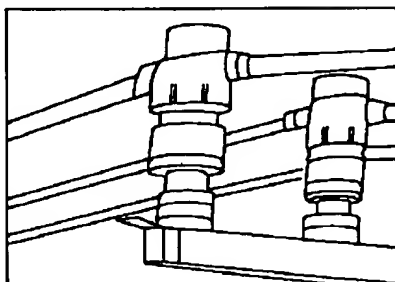
【図 9】



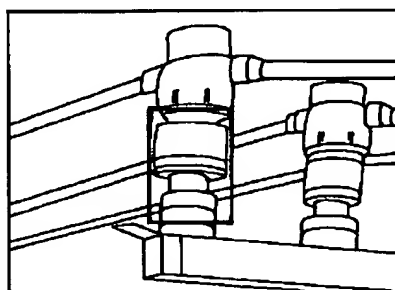
〔出現確率をもって評価値とする方法の説明図〕

【図 10】

(a) 入力画像



(b) 処理結果



〔入力画像と処理結果の模式図〕